

# **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАКОПЛЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ С ЦЕЛЬЮ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ИХ СТРУКТУРЫ**

***Габун Н.В.***

*Руководитель – к.т.н. Потапов А.И.*

Уральский государственный технический университет,  
г. Екатеринбург  
potapov\_ai@list.ru

Одним из путей получения в металлах и сплавах субмикроструктурной и наноструктуры является интенсивная пластическая деформация (ИПД), осуществляемая при температурах не выше  $0,3 T_{пл}$ .

Для получения такой структуры необходима достаточно большая накопленная деформация. Общие требования к методам накопления пластической деформации (НПД) можно сформулировать в следующем виде:

1. Благоприятное напряженное состояние в деформируемом объеме (высокий уровень сжимающих напряжений), необходимое для повышения уровня пластичности материала, поскольку деформация осуществляется при низких температурах;
2. Возможность получения большой накопленной деформации до разрушения материала;
3. Равномерное распределение деформации по объему заготовки для получения однородной структуры;
4. Наличие больших сдвиговых деформаций, позволяющих в большей мере измельчать структуру металлов и сплавов;
5. Сохранение или незначительное уменьшение исходных размеров заготовки для расширения номенклатуры изделий из неё;
6. Технологичность и относительная простота реализации и управления процессом.

Одним из наиболее распространенным в исследовательской практике методом НПД является равноканальное угловое прессование (РКУП), разработанное Сегалом В.М. в 1975 г. (А.С. СССР 492780).

Способ заключается в проталкивании заготовки круглого или квадратного сечения через каналы того же размера, расположенные под углом  $90...130^\circ$ . При этом заготовка претерпевает чисто сдвиговую деформацию, величина которого определяется углом пересечения каналов. Для накопления деформации используют несколько (от 6 до 15) проходов – прессовок в зависимости от состава материала. Довольно равномерное

распределение деформации в объеме заготовки достигается определенным «маршрутом» прессования.

В последние годы было разработано довольно много других способов ИПД. Среди них можно отметить прессование по схеме «песочные часы» (Патент РФ 1741960), кручение под давлением в составном контейнере (Патент РФ 2021064), АВС-деформация (Патент РФ 2202434), винтовая экструзия Я.И. Бейгельзимера, прессование с кручением М.В. Сегала и другие.

Заслуживает внимания способ пластического структурообразования описанный в патенте РФ 2189883, который заключается в чередовании хорошо известных и широко распространенных в практике двух операций: обратного выдавливания и прямого прессования. Способ достаточно прост в реализации, металл находится в состоянии объемного сжатия, позволяет после каждого цикла указанных прессовок получать заготовку исходных размеров, накапливая в ней деформацию. Схема процесса представлена на рис. 1.

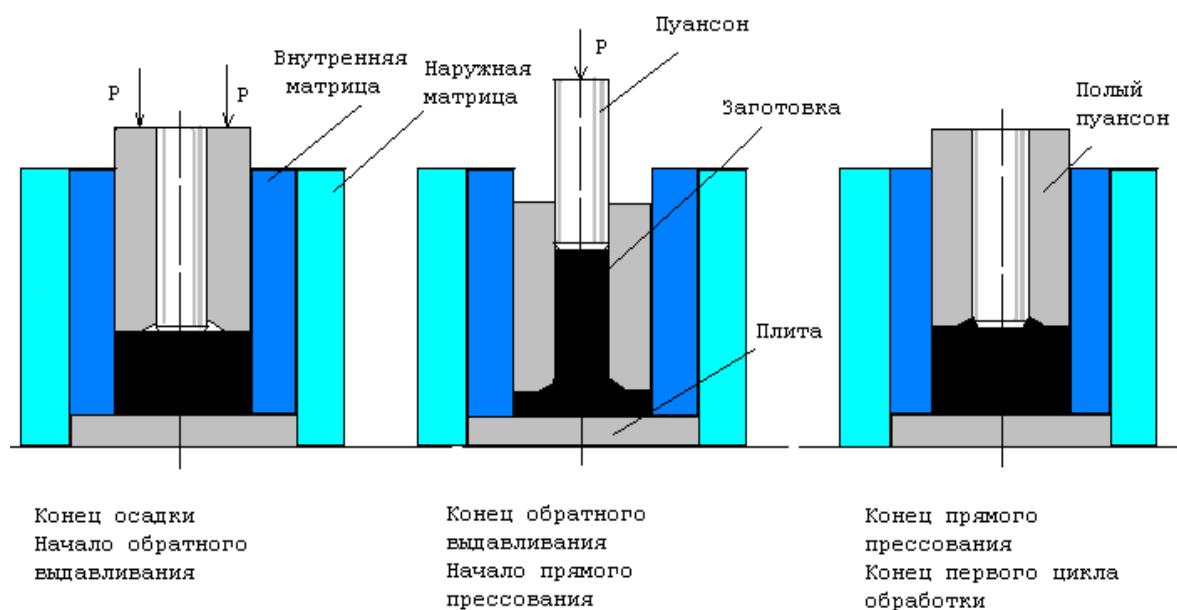


Рисунок 1. Схема процесса пластического структурообразования

Цель нашего исследования – качественно и количественно оценить характер и распределение деформации сдвига  $\Lambda$  по объему заготовок. С этой целью использовали слоистые заготовки из пластопарафина разных цветов. Для оценки величины деформации в плоскости их разреза наносили круговые ячейки, которые после каждого акта деформации измеряли на инструментальном микроскопе. Построены графики распределения величины  $\Lambda$  по объему заготовок. Установлено, что приемлемого достаточного равномерного распределения деформации

можно достичь после двух (четырех и т.д.) циклов с переворотом заготовки.

В усовершенствование метода нами предложен метод обратного выдавливания и прямого прессования одновременно двумя пуансонами (рис. 2). Метод позволяет при тех же размерах исходной заготовки снизить усилие прессования и, как показало наше исследование по указанной выше методике, получить более равномерное распределение деформации по объему заготовки за исключением приторцевых зон небольшой протяженности, которые при изготовлении деталей могут быть удалены без больших потерь металла.

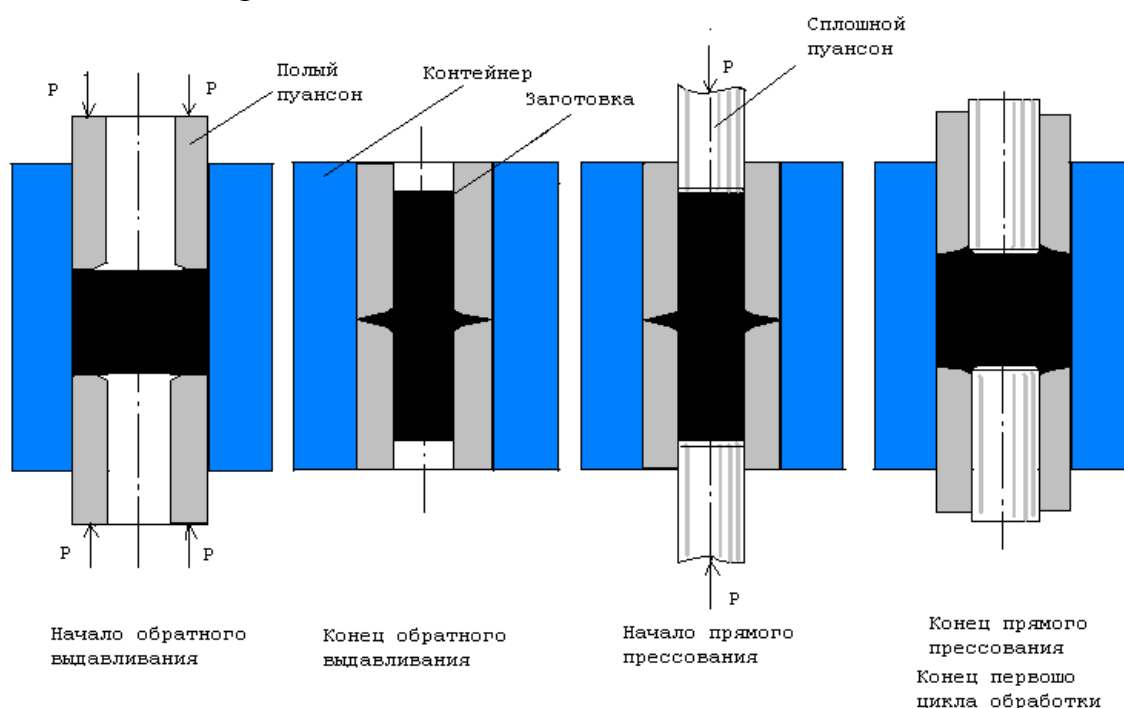


Рисунок 2. Метод обратного выдавливания и прямого прессования одновременно двумя пуансонами

Равномерность распределения деформации необходима для получения в заготовке равномерно мелкозернистой структуры металла. Метод может быть использован для накопления деформации в объеме заготовок из титановых, алюминиевых и других сплавов с целью измельчения их структуры и повышения механических свойств.